



TUGAS AKHIR - TE 141599

**EKSPLORASI MAKET *VIRTUAL* MENGGUNAKAN
AUGMENTED REALITY DAN *VIRTUAL REALITY***

Muhammad Afthon
NRP 2211100103

Dosen Pembimbing
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

***VIRTUAL MOCK-UP EXPLORATION USING AUGMENTED
REALITY AND VIRTUAL REALITY***

Muhammad Afthon
NRP 2211100103

Advisor
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Ahmad Zaini, ST., M.Sc

Departement of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**EKSPLORASI MAKET *VIRTUAL* MENGGUNAKAN
AUGMENTED REALITY DAN *VIRTUAL REALITY***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

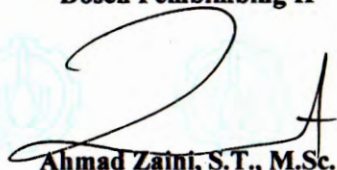
Menyutujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.
NIP. 196906131997021003

Dosen Pembimbing II



Ahmad Zaini, S.T., M.Sc.
NIP. 197504192002121003



ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Muhammad Afthon
Judul Tugas Akhir : Eksplorasi Maket *Virtual* Menggunakan
Augmented Reality dan *Virtual Reality*
Pembimbing : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST.,M.Sc.
2. Ahmad Zaini, ST., M.Sc.

Maket adalah bentuk tiruan dari suatu objek dimensi tiga yang berukuran kecil. Ukuran maket yang relatif kecil menyebabkan ruang lingkup eksplorasi pada maket terbatas. Dengan menerapkan *Virtual Reality* (VR), keterbatasan eksplorasi pada maket dapat teratasi. Maket *virtual* ditampilkan dengan menggunakan AR, sedangkan ruang lingkup eksplorasi pada maket diperbesar di dalam dunia *virtual* dengan menggunakan VR sehingga maket yang divisualisasikan lebih detail dan lebih interaktif. Dari tugas akhir ini dihasilkan sebuah aplikasi maket *virtual* dengan visualisasi empat bangunan dari situs Trowulan beserta dengan lingkungan sekitarnya, yang diberi nama Maja VR. Berdasarkan hasil survei, sebagian besar responden menyatakan 41,6% setuju dan 33,3% sangat setuju bahwa visualisasi maket pada VR lebih detail jika dibandingkan dengan visualisasi maket pada AR.

Kata Kunci : *Augmented Reality*, Eksplorasi Maket, *Virtual Reality*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Muhammad Afthon
Title : *Virtual Mock-up Exploration using Augmented Reality and Virtual Reality*
Advisors : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
2. Ahmad Zaini, ST. M.Sc.

Mock-up is a replica of a three-dimensional object with smaller scale. The small size of a mock-up causes the scope of mock-up exploration to be limited. By applying the technology of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR), the limitation of mock-up exploration can be resolved. Virtual mock-up are displayed with AR, while mock-up exploration in virtual world are extended and displayed by using VR which lets the visualization of the mock-up to be more detailed and interacted. The end result for this final project is a virtual mock-up application with four building visualization from Trowulan site along with the surrounding environment, named Maja VR. According to the survey, most respondents stated 41,6% agreed and 33,3% strongly agreed that mock-up visualization in VR is more detail when compared with mock-up visualization in AR.

Keywords : Augmented Reality, Mock-up Exploration, Virtual Reality

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan masalah	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
1.7 Relevansi	3
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Augmented Reality</i>	5
2.2 <i>Marker Based Augmented Reality</i>	6
2.3 <i>Virtual Reality</i>	8
2.4 <i>Raycasting</i>	9
2.5 Vuforia Qualcomm	9
2.6 Cardboard SDK	10
3 DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	13
3.1 Alur Perancangan Desain Sistem	13
3.2 Pengumpulan Data	15
3.2.1 <i>Marker AR Dimensi Dua</i>	15
3.2.2 <i>Objek Dimensi Tiga Maket Virtual</i>	17
3.3 Alur <i>Scene</i> Aplikasi	18

3.4	Tahap Visualisasi Objek Dimensi Tiga pada <i>Augmented Reality</i>	19
3.4.1	Pemindaian Marker	19
3.4.2	Desain <i>User Interface</i> pada AR	20
3.4.3	Visualisasi Objek Dimensi Tiga pada AR	22
3.4.4	Interaksi Objek Dimensi Tiga pada AR	23
3.5	Tahap Visualisasi Virtual Reality	26
3.5.1	Perancangan Dunia <i>Virtual</i>	27
3.5.2	Visualisasi VR dengan Kamera <i>Mono</i>	28
3.5.3	Visualisasi VR dengan Kamera <i>Stereo</i>	28
3.6	Perancangan Sistem Eksplorasi Dunia <i>Virtual</i>	29
3.6.1	Eksplorasi Terpandu	31
3.6.2	Eksplorasi Bebas	32
3.7	Perancangan Interaksi Dunia <i>Virtual</i>	33
4	PENGUJIAN DAN ANALISIS	37
4.1	Pengujian <i>Marker</i>	38
4.1.1	Pengujian Jarak Deteksi <i>Marker</i>	39
4.1.2	Pengujian Sudut Deteksi <i>Marker</i>	42
4.1.3	Pengujian Intensitas Cahaya Ruangan	45
4.2	Pengujian Aplikasi	47
4.2.1	Pengujian Aplikasi ke-1	47
4.2.2	Pengujian Aplikasi ke-2	49
5	PENUTUP	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	55
	LAMPIRAN	57
A.	Hasil visualisasi maket <i>virtual</i> setiap bangunan	57
B.	Area eksplorasi dunia <i>virtual</i> setiap bangunan	58
C.	Hasil visualisasi setiap bangunan di dunia <i>virtual</i>	59
D.	Tampilan informasi setiap bangunan di dunia <i>virtual</i>	61
	BIOGRAFI PENULIS	63

DAFTAR GAMBAR

2.1	Skema Penerapan Teknologi AR [3]	6
2.2	Contoh <i>template markers</i> [5]	7
2.3	Contoh <i>2D barcode markers</i> [5]	7
2.4	Contoh <i>imperceptible markers</i> [5]	8
2.5	<i>Raycasting</i> pada Unity 3D	9
2.6	Objek dimensi tiga ditampilkan diatas <i>marker</i> [7] . .	10
2.7	Perangkat HMD Google Cardboard [8]	11
2.8	Tampilan kamera <i>stereo</i> pada Google Cardboard [8]	11
3.1	Diagram alur pengerjaan	13
3.2	Alur <i>target manager</i> pada Vuforia	15
3.3	Rancangan alur <i>scene</i> aplikasi Maja VR	18
3.4	Alur pemindaian <i>marker</i>	20
3.5	Diagram alur <i>user interface</i> pada <i>AR Scene</i>	21
3.6	<i>Live tutorial</i> pada <i>user interface</i> AR	21
3.7	Visualisasi bangunan dimensi tiga pada <i>marker</i> . . .	22
3.8	Empat wilayah bagian maket beserta dengan <i>collider</i>	23
3.9	<i>Raycasting</i> pada kamera AR	24
3.10	Pemilihan wilayah pada bangunan maket beserta dengan desain <i>user interface</i> nya	24
3.11	Alur penyimpanan nama dari bangunan pada maket yang terpilih	25
3.12	Interaksi tombol	26
3.13	Pencahayaannya dan latar gambar dunia <i>virtual</i>	27
3.14	Tampilan layar pada kamera <i>mono</i>	28
3.15	Tampilan kamera <i>stereo</i> pada dunia <i>virtual</i>	29
3.16	Interaksi tombol	30
3.17	Diagram alir dan skenario sistem eksplorasi terpandu	32
3.18	Diagram alir dan skenario sistem eksplorasi bebas . .	33
3.19	Interaksi di dalam dunia <i>virtual</i>	34
4.1	Pengujian jarak deteksi <i>marker</i> terhadap kamera . .	39
4.2	Pengujian sudut deteksi <i>marker</i> terhadap kamera . .	43
4.3	Pengujian intensitas cahaya terhadap kamera	45

A.1	Visualisasi maket <i>virtual</i> Candi Bajang	57
A.2	Visualisasi maket <i>virtual</i> Candi Tikus	57
A.3	Visualisasi maket <i>virtual</i> Perumahan	57
A.4	Visualisasi maket <i>virtual</i> kolam Segaran	58
B.5	Area eksplorasi candi Bajang	58
B.6	Area eksplorasi candi Tikus	58
B.7	Area eksplorasi perumahan	59
B.8	Area eksplorasi kolam Segaran	59
C.9	Visualisasi candi Bajang di dalam dunia <i>virtual</i> . . .	59
C.10	Visualisasi candi Tikus di dalam dunia <i>virtual</i> . . .	60
C.11	Visualisasi perumahan di dalam dunia <i>virtual</i> . . .	60
C.12	Visualisasi kolam Segaran di dalam dunia <i>virtual</i> . .	60
D.13	Tampilan informasi candi Bajang	61
D.14	Tampilan informasi candi Tikus	61
D.15	Tampilan informasi perumahan	61
D.16	Tampilan informasi kolam Segaran	62

DAFTAR TABEL

3.1	Citra <i>marker</i> AR beserta dengan hasil fiturnya . . .	16
3.2	Objek bangunan dimensi tiga pada maket	17
4.1	Spesifikasi Android yang digunakan pada pengujian <i>marker</i> dan pengujian aplikasi ke-1	37
4.2	Spesifikasi Android yang digunakan pada pengujian aplikasi ke-2	38
4.3	Spesifikasi komputer yang digunakan	38
4.4	Jarak minimal pendeteksian <i>marker</i> dengan perangkat Android pertama	40
4.5	Jarak maksimal pendeteksian <i>marker</i> dengan perangkat Android pertama	40
4.6	Jarak minimal pendeteksian <i>marker</i> dengan perangkat Android kedua	41
4.7	Jarak maksimal pendeteksian <i>marker</i> dengan perangkat Android kedua	41
4.8	Hasil pengujian sudut deteksi <i>marker</i> pada perangkat Android pertama	43
4.9	Hasil pengujian sudut deteksi <i>marker</i> pada perangkat Android kedua	44
4.10	Hasil pengujian intensitas cahaya pada perangkat Android pertama	46
4.11	Hasil pengujian intensitas cahaya pada perangkat Android kedua	46
4.12	Kuisisioner pengujian aplikasi ke-1	47
4.13	Hasil kuisisioner pengujian aplikasi pertama	48
4.14	Kuisisioner pengujian aplikasi kedua	50
4.15	Hasil kuisisioner pengujian aplikasi kedua	51

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Maket adalah bentuk tiruan dimensi tiga dari suatu objek dengan ukuran yang kecil. Hal ini bertujuan untuk memvisualisasikan bentuk dari objek tanpa menggunakan benda dengan ukuran yang sebenarnya. Informasi yang ditampilkan dari maket dapat berupa bentuk dimensi tiga, dimensi dua dan suara. Selain itu maket juga berguna untuk mendemonstrasikan letak, ukuran objek, perilaku objek atau properti tambahan sebagai representasi objek aslinya. Namun karena ukurannya yang relatif kecil, maka eksplorasi atau penjelahan pada maket terbatas.

Dengan teknologi *Augmented Reality* dan *Virtual Reality*, maka permasalahan terbatasnya ruang lingkup eksplorasi maket dapat teratasi. Maket ditampilkan menggunakan *Augmented Reality* dalam bentuk *virtual* tanpa menggunakan objek aslinya. Sedangkan eksplorasi ruangan atau bagian dari maket tersebut dapat ditampilkan dengan menggunakan *Virtual Reality*. Hal ini yang dapat membuat pengguna untuk menjelajahi serta berinteraksi dengan lingkungan simulasi komputer baik itu berdasarkan objek nyata maupun imajinasi. Apabila pengguna maket bisa menjelajahi suatu ruangan atau bagian dari maket tersebut dalam skala yang lebih besar, maka detail visualisasi maket yang diterima oleh pengguna dapat lebih dioptimalkan. Selain itu interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna juga lebih leluasa.

1.2 Permasalahan

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu terbatasnya ruang lingkup eksplorasi pada maket karena ukurannya yang relatif kecil menyebabkan detail maket yang divisualisasikan kurang informatif kepada pengguna maket.

1.3 Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah visualisasi maket *virtual* dan memperbesar ruang lingkup penjelajahannya menggunakan *Virtual Reality*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah pengguna maket dapat melihat objek dimensi tiga pada maket *virtual* dengan ukuran yang lebih besar pada dunia *virtual* sehingga objek tersebut lebih detail.

1.5 Batasan masalah

Lingkup kegiatan dalam tugas akhir ini dibatasi pada:

1. Maket *virtual* berupa maket bangunan situs Trowulan dengan ilustrasi lingkungannya pada masa lampau.
2. Eksplorasi maket berupa penjelajahan setiap bangunan pada maket beserta dengan lingkungannya di dalam dunia *virtual*.
3. Interaksi di dalam dunia *virtual* berupa pemicu untuk menampilkan informasi tentang bangunan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca maupun seseorang yang ingin melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu :

1. BAB I Pendahuluan
Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, sistematika laporan, tujuan dan metodologi penelitian.
2. BAB II Dasar Teori
Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian, yaitu informasi terkait teknologi *Augmented Reality*, *Virtual Reality*, *QR Code*, *Raycast* dan teori-teori penunjang lainnya.
3. BAB III Perancangan Sistem dan Implementasi
Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait sistem yang dibuat. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram atau *work flow* agar sistem yang dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implementasi pada pelaksanaan tugas

akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Pada bab ini menjelaskan tentang pengujian yang dilakukan terhadap sistem dalam penelitian ini dan menganalisa sistem yang diuji. Spesifikasi perangkat keras yang diuji juga disebutkan dalam bab ini.

5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk mengembangkan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

1.7 Relevansi

Penelitian mengenai penerapan *Augmented Reality* sudah pernah dilakukan oleh Bregga Tedy Gorbala untuk aplikasi katalog penjualan rumah [1]. Namun belum menggunakan *Virtual Reality* sebagai fitur tambahan untuk eksplorasi maket pada katalog tersebut. Pada penelitian kali ini penerapan aplikasi ditambahkan fitur *Virtual Reality* untuk meningkatkan daya eksplorasi maket dengan model maket yang berbeda.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 dibahas teori dan konsep terkait tentang *Augmented Reality* dan *Virtual Reality* sebagai bahan acuan dan referensi penelitian.

2.1 *Augmented Reality*

Teknologi *Augmented Reality* (AR) merupakan teknik penggabungan citra antara dunia maya dengan dunia nyata. Hasil dari penggabungan tersebut akan ditampilkan dengan bantuan perangkat khusus yang dapat menampilkan citra pada layar perangkat [2]. Ronald Azuma pada tahun 1997 mendefinisikan AR sebagai sistem yang memiliki karakteristik berikut [3]:

1. Menggabungkan lingkungan nyata dan *virtual*.
2. Berjalan secara interaktif dalam waktu nyata.
3. Integrasi dalam dimensi tiga (3D).

Tujuan utama dari AR adalah untuk menciptakan lingkungan baru dengan menggabungkan lingkungan nyata dan *virtual* sehingga pengguna merasa bahwa lingkungan yang diciptakan adalah nyata. Dengan teknologi AR (seperti visi komputasi dan pengenalan objek), lingkungan di dunia nyata dapat diinteraksikan dalam bentuk virtual. Informasi tentang objek dan lingkungan di dunia nyata dapat ditambahkan kedalam sistem AR yang kemudian informasi tersebut ditampilkan diatas layer dunia nyata secara *real time*.

Pada gambar 2.1 merupakan contoh skema dalam penerapan teknologi AR dengan menggunakan webcam sebagai alat deteksi *marker* (penanda objek) dan monitor sebagai tampilan keluaran dari *marker*. *Marker* merupakan masukan dari dunia nyata yang akan di deteksi oleh *webcam*. Citra dari masukan diinterpretasikan sesuai dengan *database* pada program sehingga dapat memicu keluaran. Keluaran dari *marker* berupa realita tertambah pada lingkungan *virtual* yang di tampilkan pada layar monitor.



Gambar 2.1: Skema Penerapan Teknologi AR [3]

2.2 *Marker Based Augmented Reality*

Augmented Reality menampilkan informasi pada dunia maya sesuai dengan keadaan dunia nyata. Untuk melakukan hal ini sistem perangkat harus mengetahui dimana posisi pengguna serta apa yang dilihat oleh pengguna. Pada umumnya pengguna mengeksplorasi objek nyata melalui kamera yang menampilkan gambar objek beserta dengan informasinya. Dalam penerapannya, sistem perangkat membutuhkan penentuan lokasi dan orientasi dari kamera. Dengan melakukan kalibrasi kamera, sistem dapat menampilkan objek secara *virtual* dalam posisi yang tepat [4].

Salah satu cara untuk melakukan kalibrasi kamera serta menampilkan objek virtual dari *Augmented Reality* adalah dengan menggunakan *marker*. *Marker* adalah sebuah tanda atau citra yang dapat dideteksi oleh sistem komputasi seperti *image processing*, *pattern recognition* dan *computer vision techniques*. Ketika *marker* terdeteksi, kamera akan memperoleh posisi dan skala yang benar terhadap *marker*. Hal ini disebut sebagai *marker-based tracking* yang telah digunakan secara luas dalam teknologi AR. Berikut adalah beberapa contoh *marker-based tracking* AR :

1. *Template markers* merupakan *marker* berwarna hitam dan putih dengan citra sederhana yang terletak didalam tepi hitam. *Marker* pertama yang digunakan oleh ARToolKit berupa *template markers*. Gambar 2.2 merupakan contoh dari *mar-*

ker. Sistem mendeteksi *marker* tersebut dengan cara membandingkan citra yang tersegmentasi. Selama proses identifikasi, citra *marker* disesuaikan dengan setiap database *template markers* yang ada. *Template marker* yang paling sesuai menjadi identitas dari citra tersebut. Identitas dari *template marker* dapat berbentuk ID maupun nama yang terasosiasi dengan setiap citra *marker*.



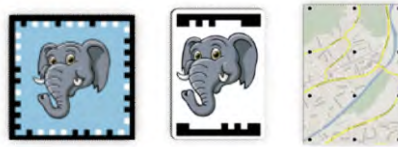
Gambar 2.2: Contoh *template markers* [5]

2. *2D barcode markers* merupakan *marker* berwarna hitam dan putih yang membentuk matrix dengan nilai pixel didalamnya seperti pada gambar 2.3. Proses pendeteksian *marker* dilakukan dengan cara menghitung nilai pixel dari setiap bagian data yang ada di *marker*.



Gambar 2.3: Contoh *2D barcode markers* [5]

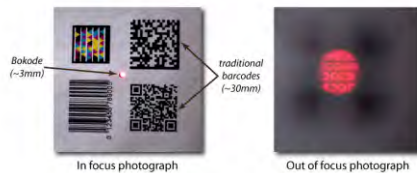
3. *Imperceptible markers* atau *marker* tak terlihat merupakan jenis *marker* untuk menghilangkan visualisasi *marker* terhadap mata manusia namun tetap dapat terdeteksi oleh mesin atau komputer. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan *marker* dan alat deteksi yang memiliki panjang gelombang selain dari cahaya tampak seperti cahaya *infrared*. Selain itu dapat juga dengan cara menggunakan *marker* dengan ukuran yang sangat kecil sehingga mata manusia tidak dapat melihatnya secara jelas. Contoh dari *Imperceptible markers* adalah *image markers*, *invisible markers* dan *miniature markers*.



(a) *image markers*



(b) *invisible markers*



(c) *miniature markers*

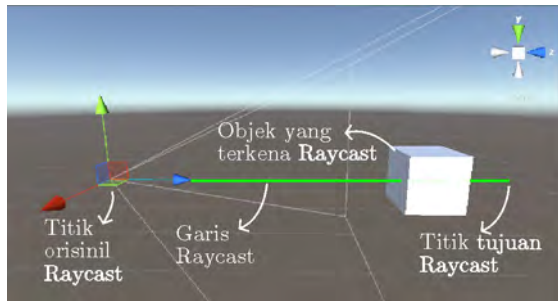
Gambar 2.4: Contoh *imperceptible markers* [5]

2.3 *Virtual Reality*

Virtual Reality (VR) merupakan teknologi yang dapat membuat pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan simulasi komputer atau dunia maya [5]. *Virtual reality* menjadi pokok dalam pendidikan modern , pelatihan dan hiburan sebagai alat yang lebih efisien dan terjangkau. Teknologi VR seakan-akan membuat pengguna tergabung dalam sebuah dunia maya secara keseluruhan. Ketika tergabung dalam dunia tersebut, pengguna tidak bisa melihat dunia nyata di sekitarnya. VR pada umumnya menyajikan pengalaman visual, yang ditampilkan pada sebuah layar komputer atau melalui sebuah penampil *stereoscopic*. Beberapa VR dilengkapi dengan fitur pelacakan gerak kepala menggunakan sensor *gyroscope*. Pelacakan gerak kepala bertujuan untuk melihat dunia maya di sekitar pengguna dengan sudut pandang 360 derajat.

2.4 Raycasting

Raycasting adalah teknik render pada Unity 3D yang dimodelkan sebagai proses penembakan garis tak tampak dari satu titik menuju arah yang telah ditentukan untuk mendeteksi adanya suatu objek yang bersinggungan dengan garis tersebut [6]. Terdapat dua titik dalam kordinat dimensi tiga (x,y,z) pada teknik Raycasting, yaitu titik orisinil untuk menembakkan garis dan titik tujuan untuk menentukan jarak dan arah tembakan dari garis tersebut seperti pada gambar 2.5. Objek yang terdeteksi oleh teknik render ini adalah objek yang terkena garis raycast atau berada diantara titik orisinil raycast dan titik tujuan raycast.



Gambar 2.5: *Raycasting* pada Unity 3D

Pada umumnya metode *raycasting* digunakan oleh kamera pada suatu dunia *virtual*. Dari titik orisinil kamera menghasilkan garis sinar yang bergerak lurus satu arah hingga mengenai suatu objek didepannya. Objek yang terkena garis sinar dapat memberikan informasi bahwa objek tersebut telah terkena sinar. Salah satu contoh penggunaan *raycasting* pada dunia virtual adalah permainan *first person shooter* yang menjadikan pistol sebagai titik orisinal dari *raycasting* untuk menembak objek yang ada didepannya.

2.5 Vuforia Qualcomm

Vuforia merupakan *Software Development Kit* (SDK) untuk perangkat *mobile* dan *digital eyewear* yang memungkinkan pembuatan aplikasi dengan fitur AR dan dapat diintegrasikan dengan fitur VR dengan beberapa SDK lainnya. Untuk saat ini Vuforia SDK dapat digunakan sebagai *library* atau *extension* dari *software*

development seperti Android Studio (Android OS), XCode (iOS), dan Unity 3D (*Multi Platform*).

Vuforia dapat memanfaatkan kamera pada perangkat *mobile* sebagai perangkat masukan untuk mengenali *marker* tertentu. *Marker* yang telah terdeteksi oleh kamera digunakan sebagai referensi untuk memvisualisasikan suatu objek dimensi tiga atau dimensi dua pada layar perangkatmobile secara *real-time* seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6: Objek dimensi tiga ditampilkan diatas *marker* [7]

Terdapat berbagai jenis *marker* yang dapat digunakan dalam pembuatan aplikasi AR Vuforia. Selain itu Vuforia juga dapat mendeteksi lebih dari satu *marker* sekaligus pada waktu yang sama sehingga keluaran dari setiap *marker* dapat tampil pada layar perangkat *mobile* dalam satu waktu.

Sistem manajemen *marker* dari Vuforia memberikan fasilitas pembuatan *marker* secara *online*. Pengguna hanya perlu mengupload *marker* atau *Image Targets*, lalu mengunduh *marker* tersebut yang sudah diproses beserta dengan *config.xml* yang secara otomatis dibuat sebagai konfigurasi yang diperlukan untuk menyimpan data-data tersebut kedalam aplikasi [7].

2.6 Cardboard SDK

Cardboard SDK merupakan *library extension* untuk membuat aplikasi dengan fitur VR pada perangkat *mobile* yang dikembangkan oleh Google Cardboard. SDK ini dapat digunakan pada *software development* Android Studio dan Unity 3D. Target proyek yang dibuat oleh Google Cardboard adalah membuat perangkat VR semu-

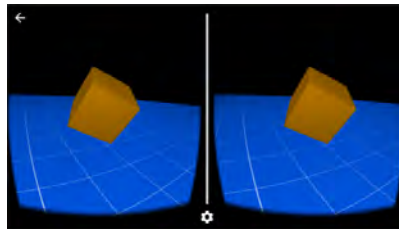
rah mungkin. Hal ini bertujuan agar semua orang dapat merasakan pengalaman VR secara mudah, menyenangkan dan terasa alami [8].

Perangkat yang digunakan oleh Google Cardboard adalah *Head Mount Display* (HMD) yang terbuat dari kertas karton seperti pada gambar 2.7. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa aplikasi VR dari Google Cardboard juga dapat digunakan pada perangkat HMD lainnya seperti Oculus Rift.



Gambar 2.7: Perangkat HMD Google Cardboard [8]

Dengan adanya SDK ini, pembuatan aplikasi VR pada Android dan Unity 3D menjadi lebih mudah karena terdapat fitur yang dapat digunakan pada proyek VR. Contohnya adalah *library* yang mengatur fitur *gyroscope* sehingga dapat digunakan untuk mengukur atau mempertahankan orientasi perangkat *mobile*. Hal ini berguna untuk melihat dunia *virtual* 360 derajat dengan cara mengubah posisi perangkat *mobile* secara *angular* atau sudut dengan pengguna sebagai porosnya.



Gambar 2.8: Tampilan kamera *stereo* pada Google Cardboard [8]

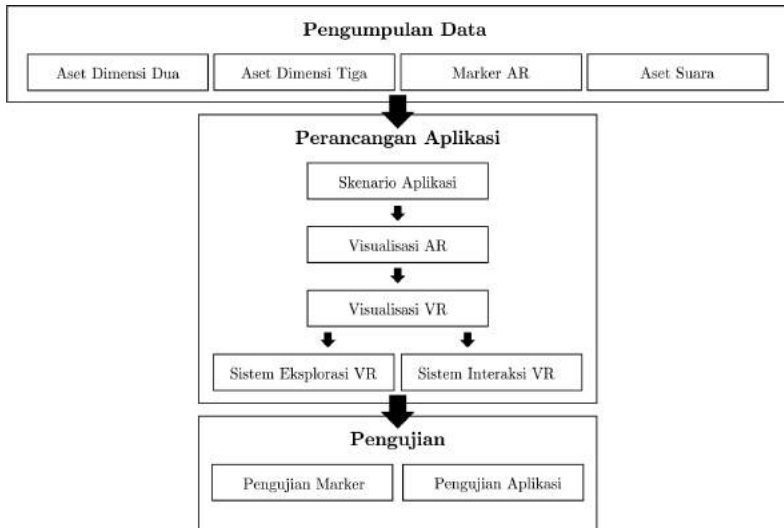
Untuk mendukung visualiasi VR, SDK ini memiliki fitur kamera *stereo* didalam dunia *virtual* yang dapat digunakan sesuai dengan perangkat HMD. Hal ini bertujuan untuk memvisualiasikan objek dimensi tiga secara *stereoscopic* seperti pada gambar 2.8.

BAB 3

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan desain sistem beserta dengan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur aplikasi dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan. Setiap blok pada desain sistem terdapat pelaksanaan teknis yang dijelaskan pada bab ini untuk merancang aplikasi sehingga dapat diimplementasikan dan diuji pada bab berikutnya.

3.1 Alur Perancangan Desain Sistem



Gambar 3.1: Diagram alur pengerjaan

Penelitian ini bertujuan untuk menampilkan maket *virtual* serta memperbesar ruang lingkup penjelajahannya sehingga maket yang divisualisasikan lebih detail dan lebih interaktif. Maket *virtual* yang digunakan berupa empat bangunan situs Trowulan dengan ilustrasi

lingkungannya pada masa lampau. Luaran akhir dari penelitian ini berupa aplikasi yang dapat menampilkan maket *virtual* beserta dengan sistem eksplorasinya pada perangkat Android. Aplikasi maket *virtual* bertema situs Trowulan ini bernama Maja VR.

Terdapat tiga tahap utama dalam merancang dan mengimplementasikan desain sistem aplikasi sehingga dapat digunakan sebagai luaran akhir seperti pada gambar 3.1. Berikut merupakan tiga tahap tersebut :

1. **Pengumpulan Data:** Merupakan tahap mempersiapkan aset yang akan digunakan pada aplikasi Maja VR dalam bentuk objek dimensi dua, dimensi tiga dan suara.
2. **Perancangan Aplikasi:** Langkah pertama dalam merancang aplikasi ini berupa pembuatan alur skenario aplikasi seperti pembuatan desain *user interface* pada menu dan tombol untuk perpindahan *skenario*. Langkah selanjutnya setelah pembuatan alur skenario adalah merancang sistem visualiasi maket dengan AR. *User interface* yang terdapat pada AR berfungsi untuk memasuki dunia VR dengan skala maket yang lebih besar. Didalam dunia VR terdapat sistem eksplorasi dan interaksi dengan objek dimensi tiga.
3. **Pengujian :** Tahap ini bertujuan untuk menguji fitur pada *marker* sehingga efektif dideteksi oleh kamera pada perangkat. Terdapat juga pengujian kesesuaian fungsi dan kelayakan aplikasi untuk digunakan pada kalangan umum.

Aplikasi Maja VR yang dihasilkan dari tiga tahap tersebut digunakan pada perangkat *mobile* dengan sistem operasi Android. Perancangan aplikasi ini menggunakan perangkat lunak Unity 3D beserta dengan *library* Vuforia SDK untuk fitur AR dan *library* Cardboard SDK untuk fitur VR. Dalam penggunaannya, aplikasi ini memiliki fitur tampilan layar berupa kamera *stereo* dan kamera *mono* sehingga pengguna dapat memilih untuk menggunakan perangkat VR berupa HMD atau tidak menggunakannya sama sekali.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perancangan aplikasi berupa aset yang berbentuk objek dimensi dua, dimensi tiga dan suara. Selain itu juga terdapat pengumpulan data berupa informasi bangunan pada maket yang digunakan sebagai keluaran dari interaksi pada aplikasi Maja VR. Pada bagian ini dijelaskan *marker* AR dimensi dua yang digunakan pada aplikasi beserta dengan aset bangunan dimensi tiga yang merupakan aset utama dalam perancangan aplikasi.

3.2.1 *Marker* AR Dimensi Dua

Marker AR pada aplikasi Maja VR digunakan untuk visualisasi maket *virtual* dalam bentuk dimensi tiga pada layar perangkat. Jenis *marker* yang digunakan berupa *marker* dengan menggunakan citra dimensi dua. Pembuatan *marker* AR pada Vuforia SDK menggunakan fitur *online target manager*. *Target manager* merupakan salah satu fitur yang ada pada *website* resmi Vuforia. Didalam *website* tersebut terdapat alur proses yang bertugas sebagai penentuan fitur *marker* seperti pada gambar 3.2 sehingga aplikasi yang sudah terintegrasi dengan *library* Vuforia SDK dapat mendeteksi dan melacak *marker* tersebut.







Gambar 3.2: Alur *target manager* pada Vuforia

1. ***Input*** atau masukan untuk membuat *marker* pada Vuforia berupa citra dengan format dimensi dua (.jpg atau .png). File

marker diupload pada *website* Vuforia bagian *target manager*.

2. **Proses** pengolahan file citra pada *target manager website* Vuforia dilakukan secara *online*. Untuk menentukan fitur pada *marker*, *target manager* mengubah citra dari file yang telah diupload sebelumnya menjadi *grayscale*. Penentuan fitur pada *marker* menggunakan nilai histogram beserta dengan nilai kontrasnya pada citra yang telah diubah menjadi *grayscale*. Apabila citra memiliki nilai histogram dengan kontras yang tinggi, fitur yang terdapat pada citra tersebut lebih banyak dibanding dengan kontras yang rendah. Fitur pada citra mempengaruhi seberapa bagusnya *marker* untuk dideteksi dan dilacak oleh kamera.
3. **Hasil** proses dari citra tersebut berupa *marker* yang dapat dideteksi dan dilacak oleh Vuforia. File keluaran *marker* yang diunduh dari *website* Vuforia berbentuk ".unitypackage" sehingga dapat digunakan pada Unity 3D yang sudah terintegrasi dengan Vuforia SDK.

Tabel 3.1: Citra *marker* AR beserta dengan hasil fiturnya

Citra Marker	Fitur	Keterangan
		Citra dengan ilustrasi peta berukuran 59,4 x 84,1 cm
		Citra dengan ilustrasi perbangunan berukuran 8,5 x 8,5 cm

Tabel 3.1 merupakan citra *marker* AR yang digunakan pada aplikasi Maja VR beserta dengan hasil fiturnya. Terdapat dua

jenis citra yang digunakan, yaitu marker dengan ilustrasi peta situs Trowulan dan ilustrasi bangunan pada situs. Marker dengan ilustrasi peta situs trowulan memiliki ukuran sebesar 59,4 x 84,1 cm. Sedangkan *marker* dengan ilustrasi bangunan memiliki ukuran sebesar 8,5 x 8,5 cm dengan total sebanyak empat *marker* sesuai dengan banyaknya bangunan pada maket yang ingin ditampilkan.

Tujuan dari pemilihan kedua jenis citra *marker* ini adalah untuk membandingkan efektifitas jarak pendeteksian marker oleh kamera dengan jenis citra *marker* yang digunakan. Perbandingan jarak minimal dan maksimal kamera terhadap *marker* diukur pada bab berikutnya. Dari data tersebut, pemilihan jenis citra akan berguna pada pengaplikasian maket *virtual* sesuai dengan kebutuhannya seperti tempat, lingkungan, perilaku pengguna dan lain-lain.

3.2.2 Objek Dimensi Tiga Maket *Virtual*

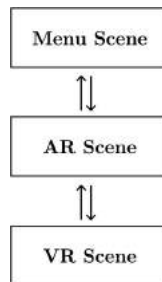
Tabel 3.2: Objek bangunan dimensi tiga pada maket

Objek Dimensi Tiga	Keterangan
	Gapura Bajang Ratu (model dirancang pada penelitian sebelumnya [9])
	Candi Tikus (model dirancang pada penelitian sebelumnya [9])
	Rumah penduduk (model dirancang dengan aplikasi SketchUp 3D)
	Kolam Segaran (Model dirancang dengan aplikasi SketchUp 3D)

Maket *virtual* yang ditampilkan pada AR dan VR merupakan objek dimensi tiga berupa beberapa bangunan pada situs Trowulan. Terdapat empat objek utama dimensi tiga yang ditampilkan pada maket *virtual* seperti pada tabel 3.2. Perbandingan skala ukuran objek yang digunakan tidak menggunakan skala ukuran yang sebenarnya karena fokus utama dari perancangan aplikasi Maja VR berupa visualisasi dan sistem eksplorasi pada maket.

Model dimensi tiga candi Bajang dan candi Tikus merupakan hasil *scanning* dari penelitian sebelumnya berjudul *Virtual Tour* pada Situs Trowulan menggunakan Panorama 360 derajat [9]. Terdapat pengurangan jumlah vertex pada hasil *scanning* model dengan tujuan agar model memiliki besar *memory* yang kecil. Model dimensi tiga rumah dan kolam Segaran dirancang menggunakan aplikasi SketchUp 3D. Format keluaran dari model berupa file objek dimensi tiga (.obj, atau .dae) beserta *texture*nya.

3.3 Alur *Scene* Aplikasi



Gambar 3.3: Rancangan alur *scene* aplikasi Maja VR

Dalam perancangan aplikasi Maja VR terdapat tiga bagian *scene* dengan alur perpindahan seperti pada gambar 3.3. Bagian tersebut berupa menu (*menu scene*), visualisasi maket dengan AR (*AR scene*), serta eksplorasi dunia *virtual* (*VR scene*). Ketika aplikasi pertama kali dijalankan pengguna akan memasuki *menu scene*. Pada *menu scene* terdapat tombol mulai untuk memasuki *AR scene*. Di dalam *AR scene* terdapat *AR camera* yang aktif mencari fitur pada *marker*. Ketika *marker* terdeteksi oleh kamera, objek dimensi tiga maket *virtual* tampil pada layar perangkat. Objek dimensi tiga

tersebut berupa pemicu untuk memasuki *VR scene* dari *AR scene* sebelumnya.

Perpindahan dari setiap bagian *scene* diatur dalam *script*. Perpindahan dari menu utama kedalam *AR scene* dapat dilakukan oleh pengguna, tetapi perpindahan dari menu utama kedalam *VR scene* tidak dapat dilakukan oleh pengguna jika tidak melalui *AR scene*. Hal ini bertujuan untuk dapat mengeksplorasi maket, maka maket tersebut harus ditampilkan terlebih dahulu melalui *AR scene* agar maket dapat terlihat secara keseluruhan.

3.4 Tahap Visualisasi Objek Dimensi Tiga pada *Augmented Reality*

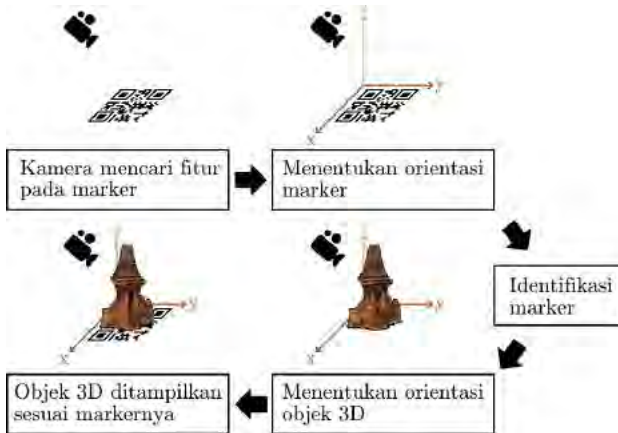
Perancangan visualisasi maket dengan AR pada aplikasi Maja VR menggunakan Vuforia SDK sebagai *library extension* dari Unity 3D. Visualisasi maket dengan AR dirancang pada *AR Scene*. Didalamnya terdapat database berupa *marker* beserta dengan fiturnya yang akan dipindai. Selain visualisasi maket pada *AR scene*, terdapat juga visualisasi berupa tombol *user interface* yang dapat diinteraksikan sebagai tombol informasi atau tombol untuk memasuki fitur VR.

3.4.1 Pemindaian Marker

Pada *AR scene* terdapat *AR Camera* yang aktif sehingga kamera dapat memindai *marker* yang mempunyai fitur didalamnya. Saat dijalankan pada perangkat Android, yang aktif adalah kamera dari perangkat Android tersebut sehingga dapat *render* video yang tertangkap oleh kamera. Kamera yang aktif akan *render* citra atau video pada dunia nyata. Ketika kamera menangkap citra yang didalamnya terdapat fitur *marker*, aplikasi akan mencari posisi dan orientasi dari *marker* tersebut. *Marker* yang berhasil terdeteksi akan diidentifikasi berdasarkan fitur yang dimiliki. Identifikasi fitur berguna untuk mencocokkan *database marker* agar sesuai dengan objek keluarannya.

Gambar 3.4 merupakan alur pemindaian *marker* beserta dengan visualisasinya di atas *marker* tersebut. Visualisasi objek *virtual* disesuaikan berdasarkan posisi dan orientasi dari *marker* yang telah terdeteksi sebelumnya. Objek *virtual* tersebut akan tampil pa-

da layar perangkat yang telah dipadukan dengan citra dunia nyata selama fitur pada *marker* terdeteksi oleh kamera.

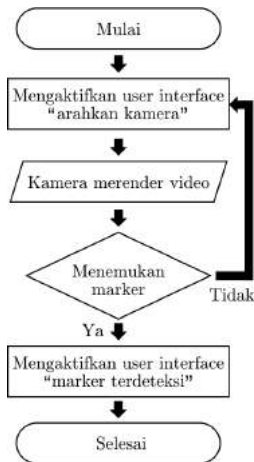


Gambar 3.4: Alur pemindaian *marker*

Aplikasi Maja VR menggunakan fitur *extended tracking* untuk mendeteksi *marker*. *Extended tracking* merupakan salah satu fitur Vuforia SDK untuk meningkatkan kemampuan pendeteksian dan keberlangsungan pendeteksian meskipun *marker* yang telah dideteksi tidak lagi terlihat oleh kamera. Dengan menerapkan fitur ini keluaran dari *marker* masih terlihat pada layar perangkat meskipun *marker* tidak terlihat jelas pada kamera perangkat. Hal ini bertujuan agar pengguna dapat melihat maket *virtual* meskipun kamera pada perangkat digerakkan menjauhi atau mendekati *marker* sehingga fitur pada *marker* tidak terlihat lagi oleh kamera.

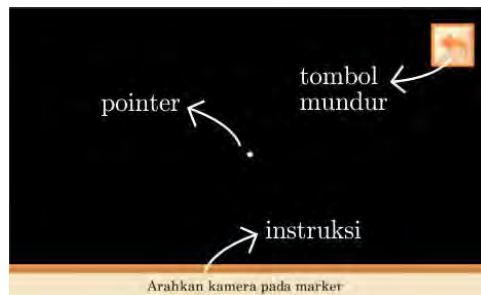
3.4.2 Desain *User Interface* pada AR

Dalam perancangan visualisasi maket pada AR dibutuhkan desain *user interface* untuk memudahkan pengguna dalam menjalankan aplikasi Maja VR. Terdapat dua jenis *user interface* atau antarmuka pengguna pada *AR Scene*, yaitu *user interface* ketika *marker* tidak terdeteksi oleh kamera dan *user interface* ketika *marker* terdeteksi oleh kamera. Diagram alur untuk memasuki proses tersebut dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5: Diagram alur *user interface* pada *AR Scene*

Kegunaan dari desain *user interface* "arahkan kamera" pada gambar 3.6 adalah sebagai *live tutorial*. Hal ini bertujuan untuk memberikan instruksi kepada pengguna, sehingga pengguna dapat mengetahui apa yang bisa dilakukan oleh pengguna ketika memasuki *AR scene*. Selain itu desain *user interface* "arahkan kamera" dan "marker terdeteksi" juga dapat dijadikan indikator untuk mengetahui terdeteksi atau tidaknya fitur *marker* pada kamera.



Gambar 3.6: *Live tutorial* pada *user interface* AR

Tombol mundur (*back button*) dibagian kanan atas layar berfungsi untuk kembali kedalam menu utama. Sedangkan *pointer* merupakan titik tengah pada layar perangkat. Ketika kamera AR men-

deteksi adanya objek maket yang terkena *raycast*, terdapat tombol tambahan pada bagian bawah tombol mundur seperti tombol informasi dan tombol *virtual reality* sehingga pengguna dapat melakukan interaksi pada maket yang divisualisasikan oleh AR.

3.4.3 Visualisasi Objek Dimensi Tiga pada AR

Pembuatan visualisasi maket dengan menggunakan AR bertujuan untuk menampilkan maket *virtual* secara keseluruhan dalam dunia nyata dengan bantuan perangkat Android. Maket *virtual* yang ditampilkan dengan menggunakan AR berupa objek bangunan dengan ukuran yang relatif kecil.

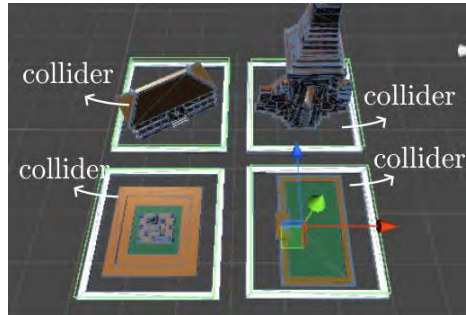
Gambar 3.7 merupakan tampilan keseluruhan maket *virtual* aplikasi Maja VR dengan ilustrasi peta situs Trowulan pada masa lampau. Jenis citra *marker* yang digunakan pada ilustrasi peta tersebut berupa citra *marker* perbangunan maupun citra *marker* satu peta. Perbandingan skala ukuran yang digunakan oleh setiap bangunan pada maket *virtual* tidak menggunakan perbandingan yang sebenarnya pada objek aslinya sehingga visualisasi dari segi ukuran tidak akurat.



Gambar 3.7: Visualisasi bangunan dimensi tiga pada *marker*

Terdapat empat bangunan yang ditampilkan pada maket *virtual* Maja VR. Bangunan tersebut berupa candi Bajang Ratu, candi Tikus, rumah penduduk dan kolam segaran yang merupakan bangunan dari situs Trowulan Mojokerto sebagai referensi objek aslinya. Setiap bangunan merupakan satu *game object* pada Unity

3D beserta dengan komponen *collidernya* yang berupa garis hijau berbentuk persegi seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8: Empat wilayah bagian maket beserta dengan *collider*

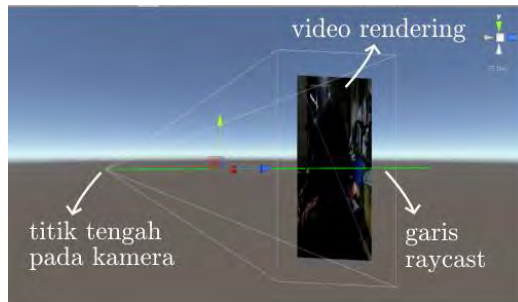
Setiap bangunan dari maket memiliki luas wilayah komponen *collider* pada objek dimensi tiga di wilayah tersebut. Komponen *collider* pada Unity 3D menentukan bentuk dan luas dari objek dimensi tiga atau dua dengan tujuan dapat diinteraksikan dengan *collider* pada objek lainnya atau dengan metode *raycasting*. *Collider* pada setiap bangunan berguna sebagai penentuan pilihan pengguna dalam melakukan interaksi seperti melihat informasi tentang wilayah tersebut atau sebagai titik mulai untuk mengeksplorasi maket didalam dunia *virtual*.

Bentuk komponen *collider* pada Objek dimensi tiga tidak terlihat pada saat menjalankan aplikasi, sehingga dapat menentukan luasnya wilayah yang dapat diinteraksikan oleh pengguna tanpa mengikuti bentuk dari bangunan yang sebenarnya. Hal ini berguna untuk mengatur toleransi luas wilayah area bangunan yang dapat terkena oleh *raycast*.

3.4.4 Interaksi Objek Dimensi Tiga pada AR

Untuk melakukan interaksi terhadap bangunan, aplikasi Maja VR menggunakan metode *raycasting* yang merupakan salah satu fitur pada Unity 3D. Titik mulai garis *raycast* berada pada titik tengah kamera AR. Garis tersebut bergerak lurus kedepan kamera AR dan tegak lurus terhadap hasil rendering video AR seperti pada gambar 3.9. Pada aplikasi Maja VR titik tengah dari kamera AR

juga merupakan titik tengah pada layar *user interface*, sehingga *pointer* pada gambar 3.6 merupakan titik yang terkena *raycast*.



Gambar 3.9: *Raycasting* pada kamera AR

Interaksi maket yang dapat dilakukan dengan metode *raycasting* ini adalah berupa pemilihan suatu wilayah pada bangunan di dalam maket *virtual* oleh pengguna seperti pada gambar 3.10. Ketika wilayah pada bangunan terkena *raycast*, nama dari bangunan tersebut akan muncul pada bagian bawah *user interface*. Selain itu, pemilihan wilayah ini juga berfungsi sebagai penampilan informasi maket berdasarkan bangunan yang terpilih beserta dengan pemicu untuk penentuan eksplorasi bangunan di dalam dunia *virtual* dengan menekan tombol informasi atau tombol VR.



Gambar 3.10: Pemilihan wilayah pada bangunan maket beserta dengan desain *user interface*nya

Untuk mendeteksi bahwa garis sinar dari *raycast* mengenai wilayah bagian dari maket, diperlukan komponen *collider* objek

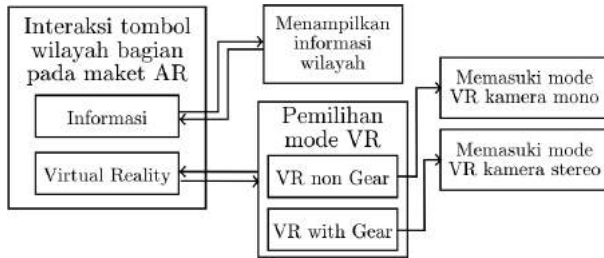
dimensi tiga pada wilayah tersebut. Fungsi pada Unity 3D yang mendeteksi bahwa komponen *collider* dari suatu objek terkena garis *raycast* berupa *RaycastHit*. Terdapat proses penyimpanan nilai berupa nama bangunan pada bagian maket yang terkena *raycast* dengan fungsi *RaycastHit* seperti pada gambar 3.11. Nama objek bangunan yang tersimpan pada *RaycastHit* berguna untuk mencocokkan database informasi dan penentuan bangunan untuk memulai eksplorasi dunia *virtual* sesuai dengan bangunan pada maket yang terpilih.



Gambar 3.11: Alur penyimpanan nama dari bangunan pada maket yang terpilih

Pada gambar 3.10 merupakan contoh terdapatnya *RaycastHit* pada wilayah maket bagian perumahan. Bagian bawah *user interface* merupakan nama dari wilayah bagian maket yang terpilih. Selain itu terdapat tombol baru yang dapat diinteraksikan pada *AR Scene* seperti tombol informasi dan tombol mode VR. Gambar 3.12(a) merupakan alur dari interaksi tombol ketika terdapat wilayah bagian maket yang terkena *raycast* beserta dengan tampilannya pada layar perangkat.

Tampilan informasi berupa penjelasan dari rumah penduduk beserta dengan model dimensi tiganya akan muncul ketika tombol informasi ditekan seperti pada gambar 3.12(b). Sedangkan pada gambar 3.12(c), merupakan tampilan pemilihan mode VR ketika tombol *Virtual Reality* ditekan. Terdiri dari dua mode VR ber-



(a) Alur interaksi tombol



(b) Tampilan informasi



(c) Tampilan pemilihan mode VR

Gambar 3.12: Interaksi tombol

dasarkan tampilan pada layar atau kameranya ketika memasuki dunia *virtual*. Apabila pengguna memilih tombol *VR with Gear* maka tampilan layar pada dunia *virtual* ketika berpindah kedalam *VR Scene* berupa kamera *stereo* sehingga pengguna dapat memakai HMD pada perangkat untuk menimbulkan efek stereoscopic pada objek dimensi tiga. Namun ketika pengguna memilih tombol *VR non Gear*, maka tampilan layar pada *VR Scene* berupa kamera *mono*.

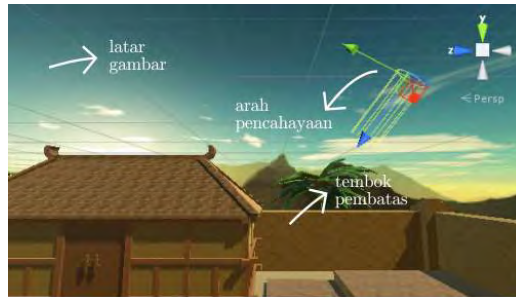
3.5 Tahap Visualisasi Virtual Reality

Dunia *virtual* pada maket divisualisasikan didalam *VR Scene*. Untuk merancang visualisasi VR yang dapat terintegrasi dengan perangkat HMD seperti Google Cardboard, dibutuhkan Cardboard SDK sebagai *library extension* pada Unity 3D. Cardboard SDK memiliki fitur untuk menampilkan dunia *virtual* pada layar dengan menggunakan kamera *stereo*. Selain itu Cardboard SDK juga memiliki fitur untuk melihat dunia *virtual* secara 360 derajat dengan menggunakan *gyroscope* pada perangkat *mobile*. Aset utama ma-

ket dimensi tiga beserta dengan lingkungan ditampilkan pada *VR Scene* dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan maket yang ada pada *AR Scene* sehingga dapat melakukan interaksi dan eksplorasi pada maket dengan lebih leluasa.

3.5.1 Perancangan Dunia *Virtual*

Dunia *virtual* dirancang berdasarkan maket *virtual* pada *AR Scene*. Perbedaan maket AR dengan dunia *virtual*nya adalah luas lingkungannya beserta dengan besar objek utama yang ditampilkan. Detail objek tambahan disekeliling objek utamanya juga bertambah, salah satunya adalah jumlah pohon yang ada pada dunia *virtual* lebih banyak dibandingkan dengan maket *virtual* pada *AR Scene*.



Gambar 3.13: Pencahayaan dan latar gambar dunia *virtual*

Terdapat fitur *pencahayaan* dan latar gambar langit berupa *skybox* pada dunia *virtual* seperti pada gambar 3.13. Selain itu terdapat tembok pada ujung setiap sisi dunia *virtual*. Hal ini bertujuan untuk membatasi luas wilayah yang bisa dijelajahi didalam dunia *virtual*. Efek bayangan pada objek dimensi tiga dihasilkan oleh fitur pencahayaan pada Unity 3D seperti halnya matahari yang mengenai suatu objek didalam dunia nyata. Pencahayaan yang digunakan berupa pencahayaan terarah atau *directional lighting* sehingga arah datangnya cahaya dapat diatur pada titik tertentu. Sedangkan latar gambar langit yang digunakan berupa *skybox* yang merupakan salah satu fitur dari Unity 3D.

Skybox merupakan tekstur berbentuk panorama yang digambarkan dibelakang semua objek dimensi tiga pada *VR Scene* untuk menimbulkan efek langit dengan jarak yang sangat jauh. Terdiri

dari enam bagian tekstur pada *skybox* yang membentuk sebuah sisi kubus. Apabila *skybox* disusun dengan benar, gambar tekstur dari setiap sisinya akan tersambung serta mengelilingi dunia *virtual*. Hal ini membuat latar gambar langit dapat terlihat dari segala sisi didalam dunia *virtual*.

3.5.2 Visualisasi VR dengan Kamera *Mono*

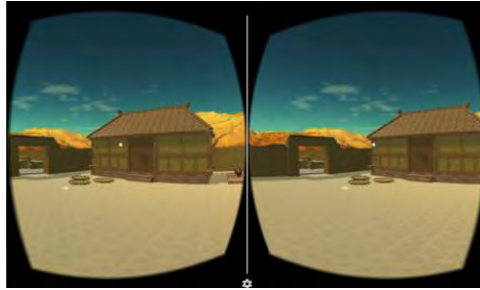
Tampilan layar berupa kamera *mono* terjadi setelah pengguna memilih tombol tanpa VR gear pada pemilihan mode VR didalam *AR Scene*. Tujuan dibuatnya tampilan layar dengan kamera *mono* adalah untuk mempermudah pengguna melihat dunia *virtual* ketika mereka tidak ingin memakai perangkat HMD. Namun untuk melihat dunia *virtual* secara 360 derajat tetap membutuhkan sensor *gyro-scope* pada perangkat *mobile*. Gambar 3.14 merupakan tampilan layar pada kamera *mono*.



Gambar 3.14: Tampilan layar pada kamera *mono*

3.5.3 Visualisasi VR dengan Kamera *Stereo*

Ketika pada pemilihan mode VR pengguna memilih tombol dengan VR gear, layar yang tampil pada perangkat berupa kamera *stereo*. Tujuan dirancangnya tampilan layar dengan kamera *stereo* adalah agar perangkat *mobile* dapat diintegrasikan dengan perangkat HMD seperti Google Cardboard sehingga dapat menimbulkan efek *stereoscopic* pada objek dimensi tiga. Selain itu dengan adanya perangkat tambahan seperti HMD, pengguna dapat merasakan *user experience* yang berbeda jika dibandingkan hanya dengan menggunakan layar pada perangkat. Gambar 3.15 merupakan tampilan layar pada kamera *stereo*.



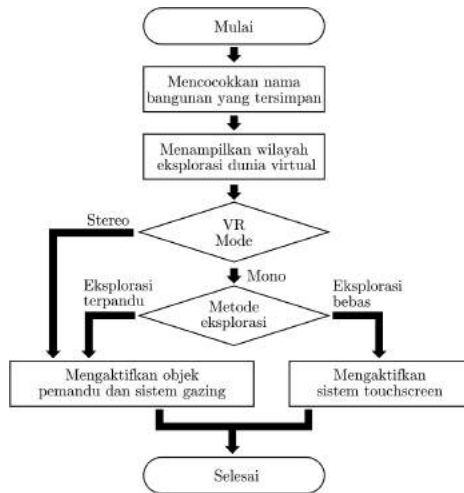
Gambar 3.15: Tampilan kamera *stereo* pada dunia *virtual*

3.6 Perancangan Sistem Eksplorasi Dunia *Virtual*

Terdapat dua sistem eksplorasi pada maket *virtual* Maja VR yang dapat digunakan, yaitu eksplorasi terpandu dan eksplorasi bebas. Eksplorasi dunia *virtual* pada aplikasi Maja VR berupa penjelajahan bangunan maket beserta dengan lingkungannya dalam skala yang lebih besar jika dibandingkan pada maket *virtualnya*.

Pengguna dapat memilih salah satu metode eksplorasi ketika pertama kali memasuki dunia *virtual*. Eksplorasi terpandu merupakan eksplorasi dunia *virtual* dengan bantuan visualisasi berupa tanda eksplorasi untuk perpindahan posisi kamera. Sedangkan pada eksplorasi bebas, pengguna dapat menjelajahi dunia *virtual* tanpa adanya petunjuk arah, namun pengguna tidak dapat menjelajahi dunia *virtual* sebarang mungkin karena terdapat tembok atau objek yang membatasi eksplorasi.

Sistem eksplorasi bebas hanya diterapkan pada VR dengan kamera *mono* atau mode VR tanpa menggunakan perangkat HMD. Apabila eksplorasi bebas diterapkan dengan menggunakan HMD maka pengguna akan kesulitan menekan layar pada perangkat untuk berjalan atau berpindah posisi. Hal ini disebabkan karena layar pada perangkat tertutup oleh perangkat HMD yang digunakan. Sedangkan sistem eksplorasi terpandu diterapkan pada VR dengan kamera *mono* dan kamera *stereo*.



(a) alur penentuan wilayah eksplorasi bangunan dan metode eksplorasi



(b) Pemilihan mode eksplorasi

Gambar 3.16: Interaksi tombol

Gambar 3.16(a) merupakan alur penentuan wilayah bangunan untuk eksplorasi didalam dunia *virtual* beserta dengan metode eksplorasinya. Ketika aplikasi memasuki *VR Scene*, terdapat pencocokan nama bangunan yang terkena raycast pada *AR Scene* seperti pada gambar 3.11. Nama dari bangunan tersebut menentukan wilayah yang akan dieksplorasi sesuai dengan bangunannya didalam dunia *virtual*. Apabila pada *AR Scene* pengguna memilih mode VR berupa kamera *mono*, pengguna akan diberi pilihan sistem eksplora-

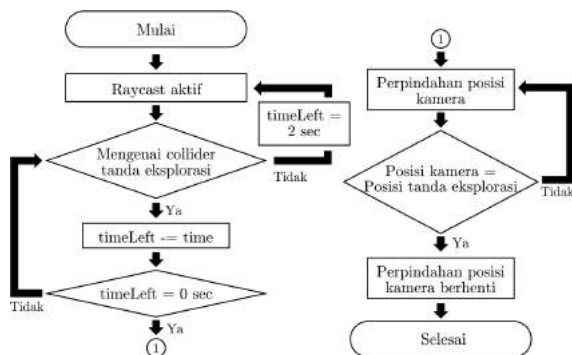
rasi. Tetapi apabila pengguna memilih mode VR dengan kamera *stereo* maka sistem eksplorasi terpandu langsung aktif.

Gambar 3.16(b) merupakan tampilan pemilihan mode eksplorasi pada *user interface*. Visualisasi desain *user interface* pemilihan mode eksplorasi hanya terjadi ketika pengguna memilih mode VR dengan kamera *mono* pada *AR Scene*. Ketika pengguna memilih mode VR dengan kamera *stereo*, desain *user interface* pemilihan mode eksplorasi tidak akan muncul melainkan sistem *default* eksplorasi terpandu langsung aktif sehingga dapat digunakan.

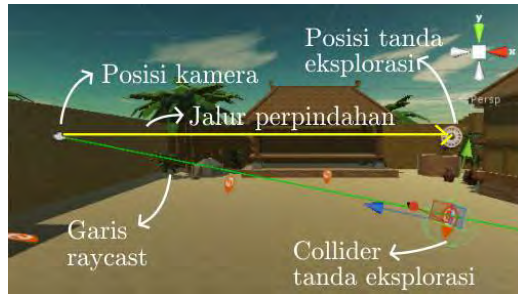
3.6.1 Eksplorasi Terpandu

Eksplorasi terpandu merupakan sistem penjelajahan dunia *virtual* dengan bantuan visualisasi berupa tanda eksplorasi. Sistem ini dapat digunakan ketika pengguna memilih mode VR kamera *mono* ataupun kamera *stereo* di dalam *AR Scene*.

Pada gambar 3.17 (a) terdapat diagram alir penggunaan sistem eksplorasi terpandu. Ketika sistem eksplorasi terpandu aktif, maka *raycast* pada kamera juga aktif. Jarak penembakan garis *raycast* untuk mendeteksi *collider* pada objek didepan kamera dibatasi sebesar 30 unit. Satuan unit jarak pada unity berupa satu meter. Pembatasan jarak pendeteksian pada *raycast* bertujuan untuk meminimalisir terjadinya *error* ketika pengguna berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya.



(a) Diagram alir sistem eksplorasi terpandu



(b) Skenario sistem eksplorasi terpandu

Gambar 3.17: Diagram alir dan skenario sistem eksplorasi terpandu

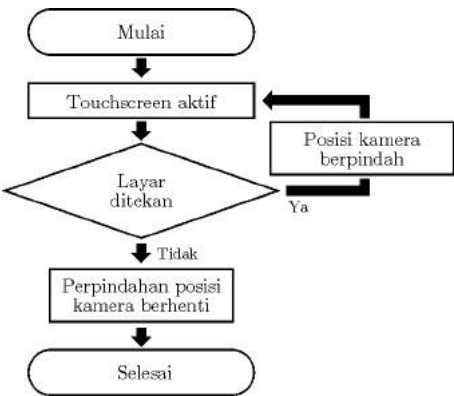
Terdapat *float* berupa nilai dalam satuan detik yang bernama "timeLeft". Di dalam *VR Scene* nilai tersebut digunakan sebagai waktu sisa untuk mengkonfirmasi bahwa pengguna memang ingin berpindah posisi. Banyaknya waktu sisa pada timeLeft sebesar dua detik. Apabila *raycast* mengenai *collider* pada tanda eksplorasi, waktu sisa akan berkurang selama raycast tidak keluar dari area *collider*. Ketika garis *raycast* keluar area *collider* pada tanda eksplorasi, waktu pada timeLeft akan berubah kembali menjadi dua detik. Namun ketika waktu timeLeft mencapai angka nol, kamera pada pengguna akan berpindah posisi di atas tanda eksplorasi dengan ketinggian yang sama dari posisi awal kamera seperti pada gambar 3.17 (b). Perpindahan posisi kamera akan berhenti apabila koordinat posisi kamera sama dengan koordinat posisi tanda eksplorasi yang tepat berada di atas *collider* tanda eksplorasi.

3.6.2 Eksplorasi Bebas

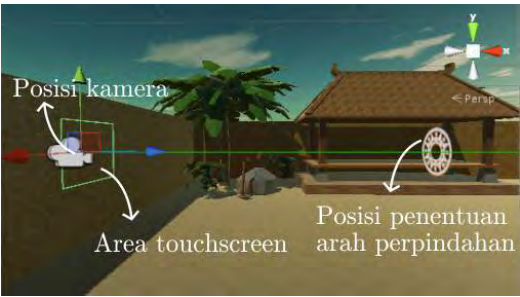
Eksplorasi bebas merupakan sistem penjelahan dunia *virtual* tanpa adanya petunjuk arah atau pemandu. Sistem eksplorasi ini hanya dapat dilakukan jika pengguna memilih mode VR tanpa menggunakan perangkat HMD pada *AR Scene*.

Pada gambar 3.18 (a) terdapat diagram alir penggunaan sistem eksplorasi bebas. Ketika sistem eksplorasi terpandu aktif, fitur *touchscreen* pada layar perangkat juga aktif. Apabila layar perangkat disentuh maka posisi kamera akan berpindah ke arah depan seperti pada gambar 3.18 (b). Ketika layar tidak disentuh oleh

pengguna, maka perpindahan posisi pada kamera berhenti hingga layar disentuh kembali oleh pengguna. Pergerakan sistem eksplorasi bebas dibatasi pada dunia *virtual* sehingga pengguna tetap berada pada wilayah objek dimensi tiga yang ingin divisualisasikan.



(a) Diagram alir sistem eksplorasi bebas



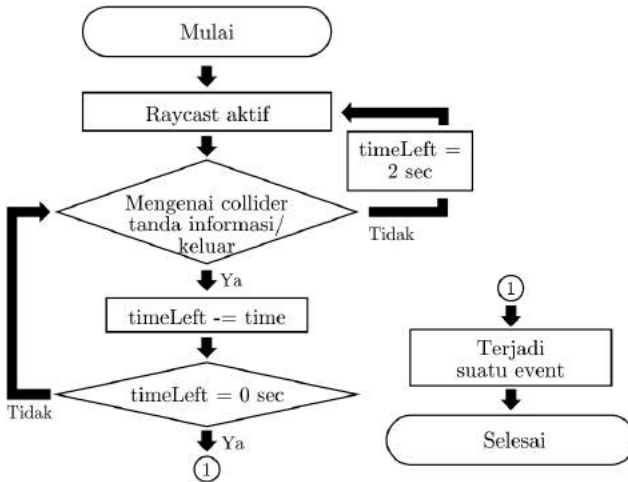
(b) Skenario sistem eksplorasi bebas

Gambar 3.18: Diagram alir dan skenario sistem eksplorasi bebas

3.7 Perancangan Interaksi Dunia *Virtual*

Interaksi yang dapat dilakukan di dalam dunia *virtual* pada aplikasi Maja VR adalah melihat informasi penjelasan dari bangunan beserta dengan tanda keluar untuk kembali ke dalam *AR scene*. Diagram alir sistem yang diterapkan pada interaksi dunia *virtual* hampir sama dengan sistem eksplorasi terpandu seperti pada gam-

bar 3.19 (a). Perbedaannya adalah ketika sisa waktu pada *timeLeft* habis atau bernilai nol, terdapat suatu *event* tergantung dengan tanda interaksinya. *Event* yang terdapat pada aplikasi Maja VR berupa perpindahan dari dunia *virtual* kembali ke AR dan pemunculan informasi berupa *text*.



(a) Diagram alir sistem interaksi di dalam dunia *virtual*



(b) Tampilan tanda keluar



(c) Tampilan tanda informasi

Gambar 3.19: Interaksi di dalam dunia *virtual*

Gambar 3.19 (b) merupakan tampilan tanda keluar di dalam dunia *virtual*. Apabila garis *raycast* mengenai *collider* tanda keluar selama dua detik, maka akan terjadi perpindahan dari dunia *virtual* menuju *AR scene*. Sedangkan pada gambar 3.19 (c) merupakan tampilan tanda informasi di dalam dunia *virtual*.

Apabila garis *raycast* mengenai *collider* tanda informasi selama dua detik, maka akan tampil informasi yang menjelaskan tentang bangunan pada dunia *virtual* dalam bentuk *text* dan gambar dari bangunan aslinya

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Maket *virtual* diterapkan pada aplikasi Maja VR dengan menggunakan perangkat Android yang memiliki spesifikasi untuk mendukung fitur *Augmented Reality* dan *Virtual Reality*. Sedangkan *marker* yang diuji berupa *marker* dengan ilustrasi peta situs Trowulan dan ilustrasi bangunan pada situs. Pada bab ini dilakukan pengujian *marker* dan pengujian aplikasi Maja VR dalam bentuk survei sehingga layak digunakan sebagai luaran akhir dari penelitian.

Adapun spesifikasi perangkat Android yang digunakan pada pengujian *marker* dan survei sistem eksplorasi dunia *virtual* dilihat pada tabel 4.1. Untuk pengujian survei pada museum Trowulan, spesifikasi Android yang digunakan dapat dilihat di 4.2. Sedangkan komputer yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan aplikasi Maja VR memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.1: Spesifikasi Android yang digunakan pada pengujian *marker* dan pengujian aplikasi ke-1

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Android Marshmallow 6.0.1
Manufaktur	MITO
CPU	<i>MTK6582 1.3 GHz Quad Core Processor</i>
Memori	1 GB RAM LPDDR3
Kamera	<i>Dual Digital Camera, 2 MP FF (front) 5 MP AF (rear) with Flash Light</i>
Tampilan Layar	<i>FWVGA IPS Capacitive Touchscreen 16.7M Color 4.5in</i>
Sensor	<i>Accelerometer, proximity, light, gyroscope, orientation, gravity, linear acceleration, rotation vector</i>

Tabel 4.2: Spesifikasi Android yang digunakan pada pengujian aplikasi ke-2

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Android Lollipop 5.1.1
Manufaktur	Lenovo
CPU	<i>Media Tek MT6753 (8 Core 1.3GHz)</i>
Memori	3 GB RAM
Kamera	<i>13 MP, f/2.2, phase detection autofocus, dual-LED (dual tone) flash</i>
Tampilan Layar	<i>IPS LCD capacitive touchscreen, 16M colors, 1080 x 1920 pixels</i>
Sensor	<i>Fingerprint, accelerometer, gyro, proximity, compass</i>

Tabel 4.3: Spesifikasi komputer yang digunakan

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 7 64-bit
Manufaktur	Samsung Electronics
CPU	<i>AMD A6-4455M APU with Radeon(tm) HD Graphics 2.10 GHz</i>
Memori	4.00 GB
VGA	<i>AMD Radeon HD 7500G</i>

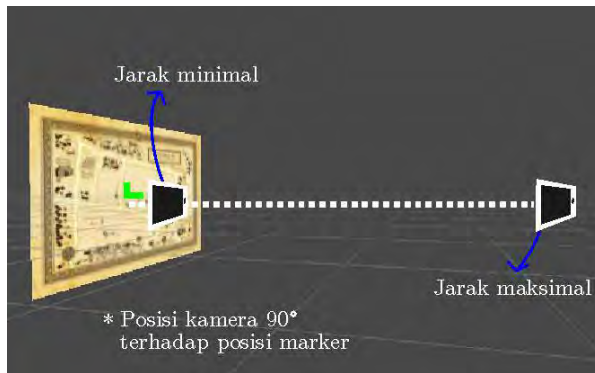
4.1 Pengujian *Marker*

Terdapat tiga jenis pengujian *marker*, yaitu pengukuran jarak minimal dan maksimal pendeteksian fitur pada *marker* ketika kamera perangkat diaktifkan, pengukuran sudut kamera terhadap *marker* serta pengaruh intensitas cahaya pada ruangan agar fitur pada *marker* terbaca. Tujuan dari pengujian *marker* ini mendapatkan efektifitas jarak, sudut dan intensitas cahaya pada ruangan

untuk pendeteksian fitur pada *marker* sebelum diimplementasikan pada maket *virtual*. Selain itu terdapat perbandingan hasil pengujian dari dua perangkat Android yang berbeda untuk menentukan pengaruh spesifikasi perangkat terhadap pengujian. Perangkat Android yang digunakan untuk penelitian ini mempunyai spesifikasi seperti pada tabel 4.1 untuk perangkat Android pertama dengan kamera lima megapixel dan tabel 4.2 untuk perangkat Android kedua dengan kamera tiga belas megapixel.

4.1.1 Pengujian Jarak Deteksi *Marker*

Pengukuran jarak berupa selisih antara posisi kamera pada perangkat dengan posisi *marker* yang diuji. Terdapat dua jenis citra *marker* yang diuji, yaitu *marker* dengan satu ilustrasi peta situs Trowulan dan empat ilustrasi bangunan pada situs seperti pada tabel 3.1. Pada gambar 4.1 terdapat ilustrasi dari pengujian jarak minimal dan jarak maksimal deteksi fitur pada *marker* oleh kamera. Posisi kamera 90 derajat relatif terhadap posisi *marker*. Jarak minimal merupakan jarak terdekat dari *marker* yang dapat dideteksi oleh kamera, sedangkan jarak maksimal merupakan jarak terjauh.



Gambar 4.1: Pengujian jarak deteksi *marker* terhadap kamera

Banyaknya jumlah *marker* yang diuji pada penelitian sebanyak lima buah. Dalam pengujian jarak minimal dan jarak maksimal pendeteksian fitur pada *marker* dilakukan pengulangan sebanyak empat kali, sehingga terdapat delapan kali pemindaian setiap *markernya*. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan menggunakan

an perangkat Android pertama dengan kamera lima megapixel dan perangkat Android kedua dengan kamera tiga belas megapixel.

Tabel 4.4: Jarak minimal pendeteksian *marker* dengan perangkat Android pertama

Citra <i>marker</i>	Jarak pengukuran minimal (cm)				Jarak rata-rata (cm)
Bangunan Bajang	6,5	6	7	7	6,625
Bangunan Tikus	6,5	6	7	6	6,375
Bangunan Rumah	5	5,5	5	5	5,125
Bangunan Segaran	9	8,5	9,5	9,5	9,125
Peta	59	63	52	49	55,75

Tabel 4.5: Jarak maksimal pendeteksian *marker* dengan perangkat Android pertama

Citra <i>marker</i>	Jarak pengukuran maksimal (cm)				Jarak rata-rata (cm)
Bangunan Bajang	69	72	68	67	69
Bangunan Tikus	66	65	63	65	64,75
Bangunan Rumah	56	58	55	54	55,75
Bangunan Segaran	35	33	35	34	34,25
Peta	369	366	310	311	339

Dari hasil pengujian dengan menggunakan perangkat Android pertama didapatkan bahwa jarak rata-rata minimal pendeteksian *marker* dengan citra bangunan lebih kecil dibandingkan dengan citra peta pada tabel 4.4. Untuk hasil pengujian pada tabel 4.5 didapatkan jarak rata-rata maksimal pendeteksian *marker* dengan citra

bangunan lebih kecil dibandingkan dengan citra peta.

Tabel 4.6: Jarak minimal pendeteksian *marker* dengan perangkat Android kedua

Citra <i>marker</i>	Jarak pengukuran minimal (cm)				Jarak rata-rata (cm)
Bangunan Bajang	8	8	9	8,5	8,375
Bangunan Tikus	8,5	9,5	9	9	9
Bangunan Rumah	8,5	8,5	8	8	8,25
Bangunan Segaran	15	14	15	15	14,75
Peta	31	31,5	32	32	31,625

Tabel 4.7: Jarak maksimal pendeteksian *marker* dengan perangkat Android kedua

Citra <i>marker</i>	Jarak pengukuran maksimal (cm)				Jarak rata-rata (cm)
Bangunan Bajang	40	44	46	44	43,5
Bangunan Tikus	31	34	32	28	31,25
Bangunan Rumah	21	22	20	20	20,75
Bangunan Segaran	18	20	17	22	19,25
Peta	341	345	349	355	347,5

Hasil pengujian dengan menggunakan perangkat Android kedua tidak berbeda jauh dengan pengujian dengan menggunakan perangkat Android pertama. Jarak rata-rata minimal pendeteksian *marker* dengan citra bangunan lebih kecil dibandingkan dengan citra peta pada tabel 4.6, sedangkan pada tabel 4.7 didapatkan jarak

rata-rata maksimal pendeteksian *marker* dengan citra bangunan lebih kecil dibandingkan dengan citra peta.

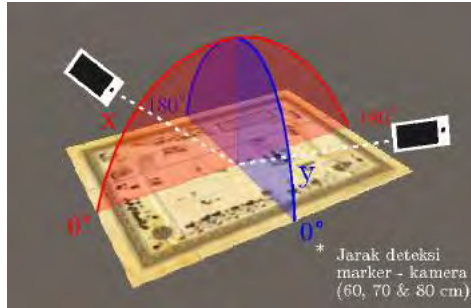
Dari kedua pengujian tersebut terdapat perbedaan jarak rata-rata minimal dan maksimal setiap *markernya*. Perangkat Android pertama memiliki jarak pendeteksian *marker* pada citra bangunan antara 5 cm hingga 69 cm, sedangkan pendeteksian *marker* pada citra peta memiliki jarak antara 55 cm hingga 339 cm. Perangkat Android kedua memiliki jarak pendeteksian *marker* pada citra bangunan antara 8 cm hingga 31 cm, sedangkan pendeteksian *marker* pada citra peta memiliki jarak antara 31 cm hingga 347 cm.

Luas keseluruhan maket dimensi dua Maja VR pada dunia nyata memiliki ukuran sebesar 58,4 x 84,1 cm sehingga terdapat jarak minimal agar maket dapat terlihat secara keseluruhan pada layar perangkat. Apabila pendeteksian *marker* oleh kamera diimplementasikan pada jarak minimal lebih dari 40 cm, maka pemilihan *marker* dengan citra peta lebih efektif jika dibandingkan dengan citra bangunan. Oleh karena itu, implementasi jenis citra *marker* yang digunakan untuk pengujian aplikasi Maja VR selanjutnya berupa *marker* dengan ilustrasi peta situs Trowulan.

4.1.2 Pengujian Sudut Deteksi *Marker*

Pengujian sudut deteksi *marker* bertujuan untuk mendapatkan range sudut kamera perangkat terhadap titik tengah *marker* yang dapat diterapkan untuk mendeteksi fitur pada *marker*. Marker yang digunakan untuk pengujian ini berupa *marker* dengan ilustrasi peta situs Trowulan dengan ukuran sebesar 58,4 x 84,1 cm. Pertimbangan menggunakan *marker* dengan ilustrasi peta situs Trowulan pada pengujian ini adalah karena jarak minimal pendeteksian yang efektif untuk digunakan dalam implementasi maket *virtual*.

Sudut yang diuji sebesar 0 hingga 180 derajat dengan sumbu X dan sumbu Y seperti pada gambar 4.2. Sedangkan jarak antara kamera dengan titik tengah pada *marker* yang diuji berjarak 60, 70 dan 80 cm. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan menggunakan perangkat Android pertama dengan spesifikasi pada tabel 4.1 dan perangkat Android kedua dengan spesifikasi pada tabel 4.2.



Gambar 4.2: Pengujian sudut deteksi *marker* terhadap kamera

Hasil dari pengujian sudut deteksi *marker* terhadap kamera perangkat Android pertama dapat dilihat pada tabel 4.8. Terdapat dua hasil pada pengujian ini, yaitu terdeteksi atau tidak terdeteksinya fitur pada *marker* AR terhadap kamera perangkat.

Tabel 4.8: Hasil pengujian sudut deteksi *marker* pada perangkat Android pertama

Sudut (Derajat)	Jarak sumbu X (cm)			Jarak sumbu Y (cm)		
	60	70	80	60	70	80
0	x	x	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x	x
30	x	x	x	x	✓	✓
45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	✓	✓	✓	✓	✓	✓
75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90	✓	✓	✓	✓	✓	✓
105	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120	✓	✓	✓	✓	✓	✓
135	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150	x	x	x	x	x	✓
165	x	x	x	x	x	x
180	x	x	x	x	x	x

Keterangan : ✓ = terdeteksi, x = tidak terdeteksi

Dengan menggunakan perangkat Android pertama, pengujian sudut deteksi fitur pada *marker* dengan jarak pada sumbu X sejauh 60 hingga 80 cm dapat terdeteksi oleh kamera dengan sudut antara 45 hingga 135 derajat. Pengujian sudut deteksi *marker* dengan jarak pada sumbu Y dapat terdeteksi oleh kamera dengan sudut antara 45 hingga 135 derajat untuk jarak sejauh 60 cm, 30 hingga 135 derajat untuk jarak sejauh 70 cm dan 30 hingga 150 derajat untuk jarak sejauh 80 cm.

Tabel 4.9: Hasil pengujian sudut deteksi *marker* pada perangkat Android kedua

Sudut (Derajat)	Jarak sumbu X (cm)			Jarak sumbu Y (cm)		
	60	70	80	60	70	80
0	x	x	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x	x
30	x	✓	✓	✓	✓	✓
45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
60	✓	✓	✓	✓	✓	✓
75	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90	✓	✓	✓	✓	✓	✓
105	✓	✓	✓	✓	✓	✓
120	✓	✓	✓	✓	✓	✓
135	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150	x	x	x	x	x	✓
165	x	x	x	x	x	x
180	x	x	x	x	x	x

Keterangan : ✓ = terdeteksi, x = tidak terdeteksi

Tabel 4.9 merupakan hasil pengujian dengan menggunakan perangkat Android kedua. Pada sudut 30 hingga 135 derajat, kamera dapat mendeteksi *marker* kecuali untuk sumbu X dengan jarak 60 cm dan sumbu Y dengan jarak 80 cm. *Marker* terdeteksi pada sudut 45 hingga 135 derajat untuk sumbu X dengan jarak 60 cm. Sedangkan untuk sumbu Y dengan jarak 80 cm, *marker* terdeteksi pada sudut 30 hingga 150 derajat.

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sudut efektif deteksi fitur pada *marker* citra peta situs Trowulan dengan jarak deteksi sejauh 60 hingga 80 cm berkisar antara 45 hingga 135 derajat untuk perangkat Android pertama dan 30 hingga 135 derajat untuk perangkat Android kedua.

4.1.3 Pengujian Intensitas Cahaya Ruangan

Intensitas cahaya mempengaruhi kemampuan kamera untuk mendeteksi fitur pada *marker*, oleh karena itu dibutuhkan pengujian untuk menentukan intensitas cahaya ruangan yang dapat diterapkan agar kamera perangkat dapat mendeteksi fitur pada *marker*. Pengujian dilakukan di dalam ruangan lab B201 Teknik elektro ITS dengan intensitas cahaya ruangan yang berbeda-beda. *Marker* yang digunakan berupa citra ilustrasi peta situs Trowulan.



Gambar 4.3: Pengujian intensitas cahaya terhadap kamera

Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan *light sensor* pada perangkat Android yang memiliki spesifikasi seperti pada tabel 4.1 dengan satuan lux. Lux merupakan satuan untuk menghitung seberapa banyak intensitas cahaya (lumens) yang mengenai suatu bidang meter persegi. Terdapat tiga kategori intensitas cahaya ruangan pada pengujian yaitu gelap (0 - 10 lux), remang (20 - 40) lux, dan terang (80 - 120) lux dengan ilustrasi pengujian seperti pada gambar 4.3.

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan menggunakan perangkat Android pertama dengan spesifikasi pada tabel 4.1 dan

perangkat Android kedua dengan spesifikasi pada tabel 4.2. Hasil pengujian intensitas cahaya terhadap kamera pada perangkat untuk mendeteksi fitur pada *marker* dapat dilihat pada tabel 4.10 untuk perangkat Android pertama dan tabel 4.11 untuk perangkat Android kedua.

Tabel 4.10: Hasil pengujian intensitas cahaya pada perangkat Android pertama

Intensitas cahaya (Lux)	Jarak kamera (cm)		
	60	70	80
0 - 10	x	x	x
20 - 40	✓	✓	✓
80 - 120	✓	✓	✓

Keterangan : ✓ = terdeteksi, x = tidak terdeteksi

Tabel 4.11: Hasil pengujian intensitas cahaya pada perangkat Android kedua

Intensitas cahaya (Lux)	Jarak kamera (cm)		
	60	70	80
0 - 10	x	x	x
20 - 40	✓	✓	✓
80 - 120	✓	✓	✓

Keterangan : ✓ = terdeteksi, x = tidak terdeteksi

Tidak terdapat perbedaan dari kedua hasil pengujian yang telah dilakukan. Pada ruangan gelap dengan intensitas cahaya 0 hingga 10 lux, kamera pada perangkat tidak dapat mendeteksi fitur pada *marker*. Sedangkan pada ruangan remang dan terang dengan jarak intensitas cahaya 20 hingga 40 lux dan 80 hingga 120 lux, kamera dapat mendeteksi fitur pada *marker*. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kamera pada perangkat Android pertama dan kedua tidak dapat mendeteksi fitur *marker* apabila intensitas cahaya pada suatu ruangan dibawah 10 lux yang diukur dengan menggunakan *light sensor* pada perangkat.

4.2 Pengujian Aplikasi

Pada pengujian ini dilakukan survei terkait aplikasi Maja VR sebanyak dua kali berupa pengujian aplikasi ke-1 dan pengujian aplikasi ke-2. Survei dilakukan dengan cara penyebaran kuisioner kepada responden yang telah menggunakan aplikasi Maja VR.

4.2.1 Pengujian Aplikasi ke-1

Pengujian aplikasi ke-1 dilakukan di Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya dengan menggunakan perangkat Android pada tabel 4.1. Sebelum mengisi kuisioner, responden mencoba aplikasi Maja VR terlebih dahulu. Tabel 4.12 merupakan pertanyaan pada kuisioner pengujian aplikasi ke-1.

Tabel 4.12: Kuisioner pengujian aplikasi ke-1

No	Pertanyaan
1	Apakah anda mengetahui teknologi <i>Augmented Reality</i> dan <i>Virtual Reality</i> ?
2	Bagaimana penampilan <i>user interface</i> pada aplikasi ?
3	Apakah tutorial pada aplikasi sudah membantu dalam menggunakan aplikasi ?
4	Bagaimana hasil dari visualisasi maket <i>virtual</i> pada peta?
5	Bagaimana tingkat kenyamanan dalam menggunakan sistem eksplorasi bebas?
6	Bagaimana tingkat kenyamanan dalam menggunakan sistem eksplorasi terpandu?
7	Apakah interaksi didalam dunia virtual membantu anda untuk mengetahui informasi pada maket lebih detail?
8	Bagaimana hasil dari visualisasi maket pada dunia <i>virtual</i> ?
9	Apakah visualisasi bangunan pada dunia <i>virtual</i> lebih detail jika dibandingkan dengan visualisasi bangunan pada maket peta?
10	Apakah aplikasi ini bermanfaat apabila diterapkan pada maket <i>virtual</i> ?

Terdapat sepuluh pertanyaan pada kuisioner dengan empat skala nilai setiap pertanyaannya dimana skala satu merupakan ska-

la terendah dengan pernyataan negatif dan skala empat merupakan skala tertinggi dengan pernyataan positif. Tujuan utama dari pengujian aplikasi ke-1 adalah untuk menentukan sistem eksplorasi yang nyaman terhadap responden sebelum diterapkan pada pengunjung museum Trowulan. Terdapat dua sistem eksplorasi yang diterapkan pada responden, yaitu sistem eksplorasi bebas dan sistem eksplorasi terpandu yang telah dirancang sebelumnya.

Didapatkan 14 responden berupa delapan mahasiswa S1 Teknik Elektro ITS dan enam mahasiswa Teknik Multimedia dan Jaringannya pada penyebaran kuisioner. Responden menggunakan aplikasi Maja VR terlebih dahulu sebelum mengisi kuisioner. Hasil survei yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil kuisioner pengujian aplikasi pertama

Pertanyaan	Jawaban			
	1	2	3	4
Pertanyaan 1	0%	0%	57,14%	42,85%
Pertanyaan 2	0%	0%	57,14%	42,85%
Pertanyaan 3	0%	7,14%	64,28%	28,57%
Pertanyaan 4	0%	7,14%	71,42%	21,42%
Pertanyaan 5	0%	50%	21,42%	28,57%
Pertanyaan 6	0%	14,28%	57,14%	28,57%
Pertanyaan 7	0%	7,14%	50%	42,85%
Pertanyaan 8	0%	7,14%	57,14%	35,71%
Pertanyaan 9	0%	7,14%	50%	42,85%
Pertanyaan 10	0%	0%	28,57%	71,42%

Mode VR yang diterapkan pada survei berupa tampilan layar mono atau tanpa perangkat HMD sehingga responden lebih mudah dalam memakai aplikasi Maja VR tanpa menyiapkan dan mengkalibrasi perangkat HMD. Selain itu dengan *mode* VR, responden juga dapat mencoba sistem eksplorasi bebas maupun sistem eksplorasi terpandu sehingga responden dapat membandingkan tingkat kenyamanan setiap sistem eksplorasi pada aplikasi Maja VR.

Perbandingan tingkat kenyamanan sistem eksplorasi aplikasi Maja VR dapat dilihat pada hasil survei pertanyaan kelima dan keenam. Sebanyak 50% responden menyatakan sistem eksplorasi bebas tidak nyaman pada skala dua, sedangkan 21,42% responden menyatakan sistem eksplorasi bebas nyaman pada skala tiga dan 28,57% pada skala empat. Pada penggunaan sistem eksplorasi terpandu, 14,28% dari responden menyatakan tidak nyaman pada skala dua, sedangkan 51,14% menyatakan nyaman pada skala tiga dan 28,57% pada skala empat.

Dari hasil tersebut, sebagian besar responden menyatakan lebih nyaman menggunakan sistem eksplorasi terpandu jika dilihat dari jawaban kelima dan keenam dengan perbandingan skala dua dan perbandingan skala tiga pada setiap pertanyaan.

4.2.2 Pengujian Aplikasi ke-2

Pada museum Trowulan Mojokerto, dilakukan pengujian aplikasi ke-2 dengan cara penyebaran kuisioner yang ditujukan kepada pengunjung museum. Perangkat Android yang digunakan untuk pengujian aplikasi ke-2 dapat dilihat pada tabel 4.2. Skala yang digunakan pada pengujian ini berupa skala Likert dimana responden akan diberikan suatu pernyataan yang memiliki lima skala dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju.

Tujuan utama dari pengujian aplikasi ke-2 adalah untuk melihat sikap responden terhadap aplikasi Maja VR baik dari segi perbandingan visualisasi maket pada AR dan VR, Interaksi pada dunia *virtual* serta kebermanfaatan aplikasi apabila diterapkan pada maket dalam bentuk *virtual*.

Terdapat 12 responden pada pengujian aplikasi ke-2 berupa pengunjung museum Trowulan Mojokerto. Sistem eksplorasi yang diterapkan pada aplikasi Maja VR berupa sistem eksplorasi terpandu. Sebelum mengisi kuisioner, responden menggunakan aplikasi Maja VR untuk melihat maket *virtual* bertema situs Trowulan beserta dengan eksplorasinya. Ketika responden menggunakan aplikasi Maja VR, responden dapat memilih *mode* VR dengan menggunakan perangkat HMD ataupun tidak. Pernyataan yang diberikan kepada responden dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14: Kuisisioner pengujian aplikasi kedua

No	Pernyataan
1	Anda mengetahui teknologi tentang <i>Augmented Reality</i>
2	Anda mengetahui teknologi tentang <i>Virtual Reality</i>
3	Tutorial pada aplikasi membantu anda untuk menggunakan aplikasi Maja VR
4	Objek bangunan dimensi tiga pada maket <i>virtual</i> atau peta terlihat jelas
5	Objek bangunan dan lingkungan dimensi tiga pada dunia <i>virtual</i> terlihat jelas
6	Tampilan bangunan di dalam dunia <i>virtual</i> terlihat lebih detail jika dibandingkan dengan maket <i>virtual</i> atau peta
7	Eksplorasi terpandu di dalam dunia <i>virtual</i> nyaman untuk digunakan
8	Eksplorasi terpandu di dalam dunia <i>virtual</i> mudah untuk digunakan
9	Interaksi di dalam dunia <i>virtual</i> membantu anda untuk mendapatkan lebih banyak informasi pada maket
10	Aplikasi Maja VR bermanfaat apabila diterapkan pada maket dalam bentuk <i>virtual</i>

Hasil survei yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.15. Pada pernyataan keenam, sebanyak 41,6% responden menyatakan setuju dan 33,3% menyatakan sangat setuju bahwa tampilan bangunan di dunia *virtual* lebih detail jika dibandingkan dengan tampilan bangunan pada maket *virtual*. Sebanyak 50% responden menyatakan setuju dan 41,6% menyatakan sangat setuju bahwa sistem eksplorasi terpandu nyaman digunakan, sedangkan 83,3% responden menyatakan setuju dan 16,6% responden menyatakan sangat setuju eksplorasi terpandu mudah digunakan.

Interaksi di dalam dunia *virtual* juga membantu responden untuk memperoleh informasi lebih banyak terhadap bangunan pada maket dengan data yang diperoleh 50% responden menyatakan setuju dan 42,85% menyatakan sangat setuju. Hasil survei dari pengujian aplikasi ke-2 ini, responden menyatakan bahwa aplikasi

Maja VR bermanfaat apabila diterapkan pada maket dalam bentuk *virtual* dengan data yang diperoleh sebanyak 58,3% responden menyatakan setuju dan 33,3% responden menyatakan sangat setuju.

Tabel 4.15: Hasil kuisioner pengujian aplikasi kedua

Pernyataan	Jawaban				
	STS	TS	N	S	SS
Pernyataan 1	0%	0%	41,6%	25%	33,3%
Pernyataan 2	0%	0%	33,3%	50%	16,3%
Pernyataan 3	0%	0%	8,3%	58,3%	33,3%
Pernyataan 4	8,3%	0%	0%	66,6%	25%
Pernyataan 5	8,3%	0%	0%	50%	41,6%
Pernyataan 6	8,3%	0%	16,6%	41,6%	33,3%
Pernyataan 7	0%	0%	8,3%	50%	41,6%
Pernyataan 8	0%	0%	0%	83,3%	16,6%
Pernyataan 9	0%	0%	0%	41,6%	58,3%
Pernyataan 10	0%	0%	8,3%	58,3%	33,3%

Ket :

SS = sangat setuju, S = setuju, N = netral,

TS = tidak setuju, STS = sangat tidak setuju

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan implementasi eksplorasi maket *virtual* menggunakan *Augmented Reality* dan *Virtual Reality* dengan konten bangunan situs Trowulan, dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Agar pengguna dapat melihat maket *virtual* secara keseluruhan pada layar perangkat, maka *marker* yang digunakan pada aplikasi Maja VR berupa *marker* dengan citra ilustrasi peta situs Trowulan. Terdapat perbandingan hasil pengujian antara perangkat Android pertama dengan kamera 5 megapixel dan perangkat Android kedua dengan kamera 13 megapixel untuk mendeteksi fitur pada *marker*. Jarak deteksi *marker* pada kamera antara 55 cm hingga 339 cm untuk perangkat Android pertama dan 31 cm hingga 347 cm untuk perangkat Android kedua. Sedangkan untuk pengujian sudut, berkisar antara 45 derajat hingga 135 derajat untuk perangkat Android pertama dan 30 hingga 135 derajat untuk perangkat Android kedua. Pada pengujian intensitas cahaya, perangkat Android pertama dan kedua tidak dapat mendeteksi *marker* apabila intensitas cahaya suatu ruangan dibawah 10 lux. Dari pengujian tersebut perangkat Android kedua memiliki jarak dan sudut deteksi *marker* yang lebih luas jika dibandingkan dengan perangkat Android pertama. Namun pada pengujian intensitas cahaya, perangkat Android pertama dan kedua memiliki hasil pengujian yang sama.
2. Sebanyak 21,42% responden menyatakan nyaman dalam menggunakan sistem eksplorasi bebas, sedangkan responden yang menyatakan nyaman dalam menggunakan sistem eksplorasi terpandu sebanyak 57,14%. Dari hasil survei tersebut sistem eksplorasi terpandu tetap diterapkan pada aplikasi Maja VR.
3. Sebanyak 41,6% responden menyatakan setuju dan 33,3% menyatakan sangat setuju bahwa tampilan bangunan pada dunia *virtual* lebih detail jika dibandingkan dengan tampilan ba-

ngunan pada maket *virtual*. Dapat disimpulkan bahwa sebagian besar responden menyatakan visualisasi maket pada VR lebih detail jika dibandingkan dengan visualisasi maket pada AR.

4. Sebagian besar responden menyatakan bahwa interaksi di dalam dunia *virtual* membantu responden untuk memperoleh informasi lebih banyak terhadap bangunan, dengan data yang diperoleh 50% responden menyatakan setuju dan 42,85% menyatakan sangat setuju. Adanya interaksi di dalam dunia *virtual*, membuat responden terlibat dalam memperoleh informasi pada bangunan maket.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, disarankan beberapa langkah lanjutan sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan selanjutnya, tampilan *stereoscopic* atau kamera stereo pada layar perangkat dapat diterapkan pada bagian AR sehingga pengguna dapat menggunakan HMD untuk melihat maket *virtual* pada *marker*.
2. Fitur suara untuk penjelasan informasi di dalam dunia *virtual* dapat ditambahkan pada riset berikutnya.
3. Perangkat *Leap Motion* dapat ditambahkan untuk pengembangan aplikasi sehingga eksplorasi di dalam dunia *virtual* lebih interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. T. Gorbala and M. Hariadi, “Aplikasi augmented reality untuk katalog penjualan rumah,” Institut Sepuluh Nopember Surabaya, 2010. (Dikutip pada halaman 3).
- [2] V. Geroimenko, “Augmented reality technology and art: The analysis and visualization of evolving conceptual models,” in Information Visualisation (IV), 2012 16th International Conference on, pp. 445–453, IEEE, 2012. (Dikutip pada halaman 5).
- [3] Y. Indrawaty, M. Ichawan, and W. Putra, “Media pembelajaran interaktif pengenalan anatomi manusia menggunakan metode augmented reality (ar),” Jurnal Itena Library, vol. 4, p. 4, 2013. (Dikutip pada halaman 5).
- [4] S. Siltanen, Theory and applications of marker-based augmented reality. 2012. (Dikutip pada halaman 6).
- [5] J. N. Latta and D. J. Oberg, “A conceptual virtual reality model,” Computer Graphics and Applications, IEEE, vol. 14, no. 1, pp. 23–29, 1994. (Dikutip pada halaman 8).
- [6] “Unity 3d.” <https://unity3d.com/learn/tutorials/modules/beginner/physics/raycasting>. Terakhir diakses pada tanggal 20 April 2016. (Dikutip pada halaman 9).
- [7] V. Rinaldi, I. Purnama, and Muhtadin, “Penerapan teknologi augmented reality sebagai pemandu museum virtual di museum neka ubud bali,” Publikasi Online Mahasiswa ITS(POMITS), 2015. (Dikutip pada halaman 10).
- [8] “Google developers.” <https://developers.google.com/cardboard/>. Terakhir diakses pada tanggal 21 April 2016. (Dikutip pada halaman 11).
- [9] R. Pladitama, Muhtadin, and A. Zaini, “Virtual tour pada situs trowulan Mojokerto menggunakan panorama 360 derajat,” Publikasi Online Mahasiswa ITS(POMITS), 2015. (Dikutip pada halaman 17, 18).

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Hasil visualisasi maket *virtual* setiap bangunan



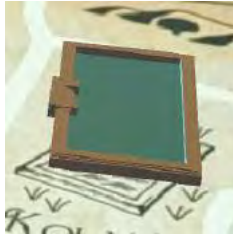
Gambar A.1: Visualisasi maket *virtual* Candi Bajang



Gambar A.2: Visualisasi maket *virtual* Candi Tikus

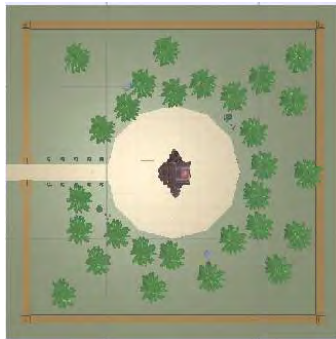


Gambar A.3: Visualisasi maket *virtual* Perumahan



Gambar A.4: Visualisasi maket *virtual* kolam Segaran

B. Area eksplorasi dunia *virtual* setiap bangunan



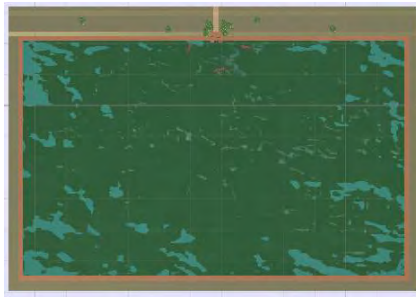
Gambar B.5: Area eksplorasi candi Bajang



Gambar B.6: Area eksplorasi candi Tikus



Gambar B.7: Area eksplorasi perumahan

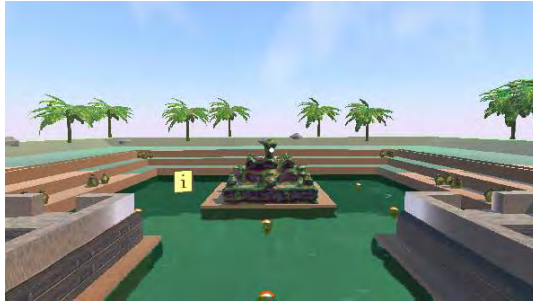


Gambar B.8: Area eksplorasi kolam Segaran

C. Hasil visualisasi setiap bangunan di dunia *virtual*



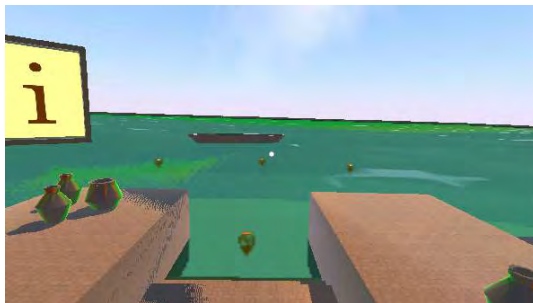
Gambar C.9: Visualisasi candi Bajang di dalam dunia *virtual*



Gambar C.10: Visualisasi candi Tikus di dalam dunia *virtual*



Gambar C.11: Visualisasi perumahan di dalam dunia *virtual*

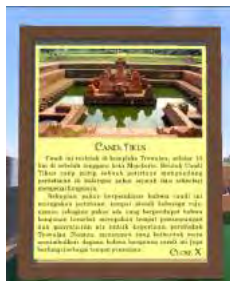


Gambar C.12: Visualisasi kolam Segaran di dalam dunia *virtual*

D. Tampilan informasi setiap bangunan di dunia *virtual*



Gambar D.13: Tampilan informasi candi Bajang



Gambar D.14: Tampilan informasi candi Tikus



Gambar D.15: Tampilan informasi perumahan



Gambar D.16: Tampilan informasi kolam Segaran

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Afthon, lahir pada 23 November 1993 di Jakarta. Penulis lulus dari SMPI Al-Azhar 12 pada tahun 2008 kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 21 Jakarta hingga akhirnya lulus pada tahun 2011. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan strata satu di Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya bidang studi Teknik Komputer dan Telematika. Saat kuliah penulis aktif menjadi fungsionaris Himatektro ITS periode 2012/2013 dan 2013/2014. Penulis juga aktif menjadi Asisten laboratorium B201 (telematika)

dalam bidang *game development*. Selama masa kuliah penulis aktif dalam mengikuti ajang perlombaan seperti PKM (Program Kreativitas Mahasiswa) dan *Business Plan Competition*.

Halaman ini sengaja dikosongkan